NACHRICHTENBLATT

der Bayerischen Entomologen

Herausgegeben von der Münchner Entomologischen Gesellschaft
Schriftleitung: Dr. Franz Bachmaier, 8 München 19,
Schloß Nymphenburg Nordflügel (Eingang Maria-Ward-Straße)
Postscheckkonto der Münchner Entomolog. Gesellschaft: München Nr. 315 69
Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten

16. Jahrgang — 15. Juni 1967 — Nr. 5/6

Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge (Lep.)

Von **Karl Cleve**

(Mit 10 Abbildungen)

Inhaltsübersicht

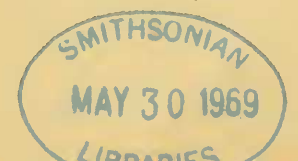
A Allgemeines

I. Fortschritte der Verhaltensforschung
II. Gesetzmäßigkeiten für die Verhaltensforschung (Punkt 1—4)

B Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge

I. Das elektromagnetische Spektrum
  1. Übersicht über das gesamte elektromagnetische Spektrum
  2. Kurzwellige Strahlen
  3. Die beiden Fenster der Erdatmosphäre
    a) Das 1. Fenster der Erdatmosphäre
    b) Das 2. Fenster der Erdatmosphäre

II. Art und Intensität der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen
  1. Die Art der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen
    a) Versuche mit verschiedenen Lampen
      a') Schwarzlichtlampe
      b') Superaktinische Leuchtstoffröhren
      c') Mischlichtlampen
      d') Entkeimungsstrahler
    b) Folgerungen aus den Versuchen mit verschiedenen Leuchtlampen
    c) Die Versuche von Dufay über die spektrale Empfindlichkeit von Nachtfaltern
    d) Zusammenfassung der Feststellungen über die für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen
    e) Vergleich der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen mit den Strahlungen des Nachthimmels
      a') Von Mond und Planeten ausgehende Strahlung
      b') Von den Fixsternen ausgehende Strahlung
      c') Spektraler Empfindlichkeitsbereich der Nachtschmetterlinge
    f) Wahrnehmung von Wärmestrahlen durch Nachtschmetterlinge
  2. Die Intensität der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen
    a) Der Unterschied zwischen dem menschlichen Sehvermögen und dem vermutlichen Sehvermögen der Nachtschmetterlinge



a') Die Wellenlängen höchster Lichtempfindlichkeit
b') Die Grenzen des Sehvermögens
c') Der kleinste Sehwinkel
b) Die Sichtbarkeit verschiedener Lichtquellen für Mensch und Nachtschmetterling
a') Kunstlicht
b') Sonnensystem
c') Fixsterne
III. Die Wahrscheinlichkeit der Wahrnehmung von Sternen durch Nachtschmetterlinge
IV. Das Flugverhalten der Nachtschmetterlinge
1. Der Suchflug
2. Der Zielflug
3. Der Wanderflug
V. Das Sternbild des Großen Bären in der Sicht des Menschen und des Nachtschmetterlings
C Literatur

A ALLGEMEINES

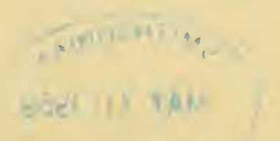
I. Fortschritte der Verhaltensforschung

Durch die Fortschritte der tierischen Verhaltensforschung werden uns gegenwärtig immer wieder neue und wunderbare Erkenntnisse vermittelt, die man noch vor wenigen Jahren für völlig unglaubwürdig gehalten hätte.
Es sei nur an die Verständigung der Delphine (Lilly 1962) und die Orientierung der Zugvögel (Sauer 1960) im Bereich der Wirbeltiere erinnert. Aber auch im Reich der Insekten wurden Fähigkeiten — wie die richtungsweisenden Schwänzeltänze der Bienen (v. Frisch 1960) und die Wahrnehmung der von den Fledermäusen ausgesandten Ultraschallwellen durch die Nachtschmetterlinge (Dunning u. Roeder 1965) — festgestellt, die immer erneut unser ehrfürchtiges Erstaunen hervorrufen.

II. Gesetzmäßigkeiten für die Verhaltensforschung

Bei allen Beobachtungen über die Verhaltensweise in der belebten Welt müssen wir uns folgendes vor Augen halten:

1. Reagiert ein Lebewesen auf einen bestimmten äußeren Einfluß in besonderer Weise, so gilt es, diesen äußeren Einfluß in seinem Lebensrhythmus und Lebensablauf festzustellen.
2. Oft ist es nötig, zunächst noch unbekannte Einflußgrößen zu ermitteln. Dies wird um so schwieriger, je weniger der auf das Lebewesen einwirkende Einfluß für die menschlichen Sinne wahrnehmbar ist. Das gilt z. B. für alle außerhalb des menschlichen Empfindungsvermögens liegenden Schwingungsvorgänge.
3. Eine unter natürlichen Bedinungenen auf der Erde ihrer Art oder auch nur ihrer Intensität nach nicht auftretende Erscheinung — sei es Temperatur, Druck, Beschleunigung, Schallwelle oder elektromagnetische Schwingungen — ist unnatürlich und kann sich daher u. U. als lebensgefährlich auswirken.



4. Auf einen anderen Himmelskörper dürfen wir diese für unsere Erde geltenden Gesetzmäßigkeiten nicht ohne weiteres übertragen. Das wäre ebenso verkehrt, wie wenn man sagen wollte, weil der Mensch und andere Lungenatmer nicht unter Wasser leben können, kann es im Wasser kein Leben geben.

B DAS SPEKTRALE WAHRNEHMUNGSVERMÖGEN NACHTS FLIEGENDER SCHMETTERLINGE

I. Das elektromagnetische Spektrum

Es gilt nun im speziellen Fall zu untersuchen, wie das spektrale Wahrnehmungsvermögen der nachts fliegenden Schmetterlinge beschaffen ist und worauf es zurückzuführen sein kann. Unter dem Spektrum seien hier nicht nur die für das menschliche Auge sichtbaren elektro-magnetischen Wellenlängen, sondern zunächst alle elektromagnetischen Schwingungen und insbesondere auch die für uns nicht sichtbaren ultravioletten und ultraroten Strahlen verstanden.

1. *Übersicht über das gesamte elektromagnetische Spektrum*

Abb. 1 zeigt den ganzen bekannten Bereich von Wellenlängen elektromagnetischer Schwingungen. Es handelt sich um einen Wellenlängenbereich von annähernd 10^{-16} bis 10^{8} Metern, nämlich von den kürzesten aus dem All zu uns dringenden „Höhenstrahlen" über Röntgen- und Wärmestrahlen bis zu den Wellenlängen in den Wechselstrom-Fernleitungen. Sichtbar für den Menschen ist nur der Bereich von 380—760 nm. Hierbei ist 1 nm gleich ein Millionstel Millimeter.

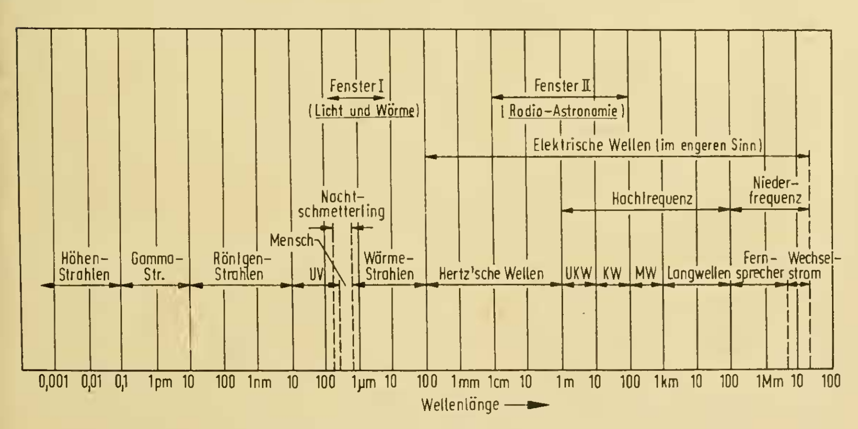


Abb. 1: Wellenlängen der elektromagnetischen Schwingungen

2. *Kurzwellige Strahlen*

Gamma- und Röntgenstrahlen sind auf der Erdoberfläche als „natürliche Radio-Aktivität" in beschränktem Ausmaß vorhanden.

3. *Die beiden Fenster der Erdatmosphäre*

Durch die Erdatmosphäre können aus dem Weltall neben der kurz-

welligen Höhenstrahlung elektromagnetische Wellen hauptsächlich durch 2 sogenannte „Fenster" gelangen.

a) Das 1. Fenster der Erdatmosphäre

Das 1. Fenster, das auch das für uns sichtbare Licht durchläßt, erstreckt sich von 280 bis 4 500 nm und von 9 000 bis 11 000 nm. Dieses 1. Fenster läßt auch ultraviolette Strahlen nicht zu kurzer Wellenlänge sowie ultrarote Wärmestrahlen auf die Erdoberfläche gelangen.

b) Das 2. Fenster der Erdatmosphäre

Das erst 1932 entdeckte 2. Fenster erstreckt sich von 1 cm bis 100 m Wellenlänge und umfaßt den Bereich der sogen. „Radio-Astronomie". Es handelt sich hierbei um den Bereich der Kurz- und Ultrakurzwellen der drahtlosen Fernsendetechnik sowie um noch wesentlich kürzere Wellen. Ob der Wellenbereich des 2. Fensters für irdische Lebewesen irgendeine Bedeutung hat, ist gegenwärtig nicht bekannt.

II. Art und Intensität der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen

Es ist nun zu untersuchen, bei welchen Wellenlängen der Nachtschmetterling seine höchste Lichtempfindlichkeit besitzt, und bei welcher geringsten Intensität der nachts fliegende Schmetterling diese Wellenlänge noch wahrzunehmen vermag. Beide Tatsachen sind sodann mit den Lichterscheinungen des nächtlichen Himmels zu vergleichen. Man kann dann hoffen, einen Hinweis für den Grund des seit über 2000 Jahren bekannten Fluges der Nachtfalter zum Licht zu finden.

Unter Nachtschmetterlingen sind hier grundsätzlich nur auch wirklich nachts fliegende Schmetterlinge zu verstehen. Die nachstehend aufgeführten Anflugszählungen erstrecken sich nur auf die sogen. Großschmetterlinge. Es wurde nur die Anzahl aller Falter erfaßt, ohne eine Einteilung nach Arten vorzunehmen. Eine Feststellung darüber, ob verschiedene Nachtschmetterlingsarten auf unterschiedliche spektrale Wellenlängen besonders ansprechen (Cleve 1954), liegt in eindeutiger Weise bis heute nicht vor.

Es ist festzustellen, daß die Sehorgane der Nachtschmetterlinge nicht bei allen Arten gleich ausgebildet sind.

Das als Superpositionsauge bezeichnete Facettenauge der Nachtfalter ist zwar recht lichtempfindlich, besitzt aber nur eine geringe Sehschärfe (Yagi u. Koyama 1963). Die Zahl der Facetten ist bei den einzelnen Gattungen verschieden.

Viele Nachtschmetterlinge besitzen zur Wahrnehmung von Lichtreizen nicht nur die Facettenaugen, sondern auch noch die Ocellen genannten, verhältnismäßig kleinen Punkt- oder Stirnaugen. Die Ocellen fehlen den Schwärmern, den Spannern und einigen Spinnerarten. Man kann auf Grund von mit Heuschrecken und anderen Insekten durchgeführten Versuchen[1]) annehmen, daß die Facetten-

[1]) Durch Literaturhinweise und Angaben zur Anatomie der Komplexaugen hat Herr Dr. Chr. Hoffmann vom Zoologischen Institut der Universität München (Leitung Prof. Dr. H.-J. Autrum) die Betrachtungen über die Lichtwahrnehmung der Nachtfalter freundlicherweise unterstützt.

augen in erster Linie der Orientierung dienen und die Ocellen in der Hauptsache die Helligkeitsempfindung unterstützen.
Dufay (1964) stellt fest, daß der Eulenfalter *Noctua pronuba* L. das Licht sowohl mit den Facettenaugen als auch mit den Ocellen wahrnimmt. Deckte man eines der beiden Lichtwahrnehmungsorgane ab, ging die Lichtempfindlichkeit jeweils ein wenig zurück. Beim gleichzeitigen Abdecken der Facettenaugen und der Ocellen hörte dagegen jede Lichtempfindlichkeit in dem untersuchten Wellenlängenbereich von 350 bis 700 nm auf.

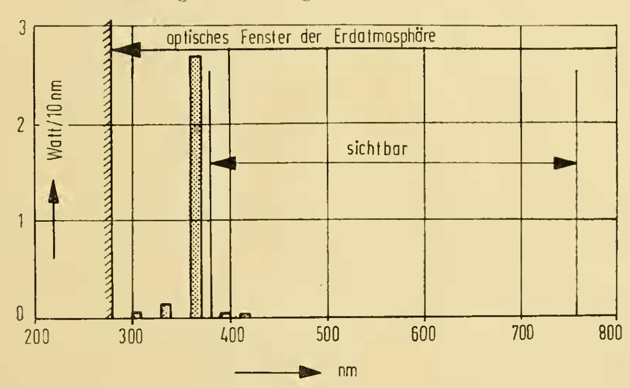
1. *Die Art der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen*

Bezüglich der Lichtwellenlängen, bei denen die Nachtschmetterlinge ans Licht fliegen, wurde eine große Anzahl von Anflugversuchen an verschiedenartige künstliche Lichtquellen mit und ohne einem dahinter befindlichen fluoreszierenden Tuch durchgeführt. Die Fluoreszenz bewirkt im allgemeinen eine Verlängerung der Lichtwellen auf einen bestimmten Bereich, der nur wenig von der Wellenlänge der ursprünglich ausgesandten Strahlung abhängig ist.

a) *Versuche mit verschiedenen Lampen*

a') Schwarzlichtlampe

A Strahlungsverteilung. 300—400 nm: 3 Watt



B Einfluß der Farbe des Tuches hinter der Lichtquelle
15. 8. 1965. Berlin-Spandau. Pichelswerder
20[16] Ende der bürgerlichen Dämmerung
3 Tage nach Vollmond. 21[04] Mond-Aufgang (Mond hinter Wolken). 16→12°C

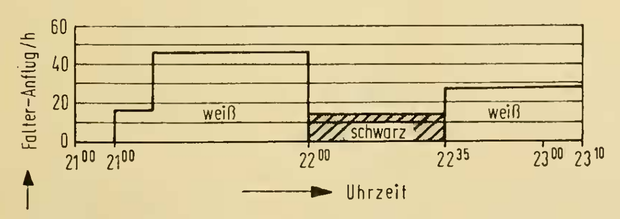


Abb. 2: Schwarzlichtlampe Philips HPW 125 Watt.

Sehr aufschlußreich ist der Versuch mit einer sogenannten „Schwarzlichtlampe“, die praktisch nur im Bereich um 360 nm strahlt. Es sei hier bemerkt, daß der Ausdruck „Schwarzlicht“ nach den neuesten physikalischen Begriffsbestimmungen nicht mehr zulässig ist, da unter „Licht“ nur der dem menschlichen Auge sichtbare Wellenbereich von 380 bis 760 nm verstanden werden soll.

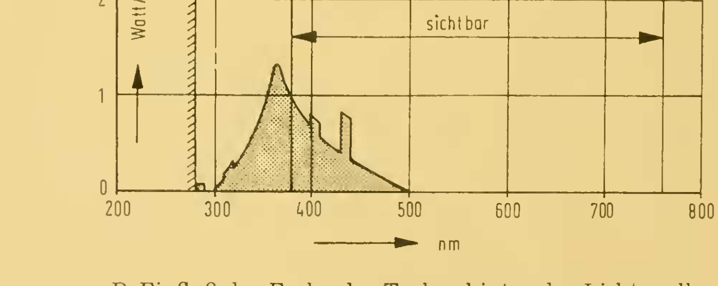
Abbildung 2 zeigt oben die Strahlungsverteilung der Schwarzlichtlampe und unten den Falteranflug bei abwechselnder Anordnung eines schwarzen und eines weißen Tuches hinter der Lampe an ein und demselben Abend. Es zeigt sich aus diesem Versuch:

aa) Die Wellenlänge von rd. 360 nm wird von den Faltern noch wahrgenommen.

bb) Das weiße Tuch, das auch dem menschlichen Auge durch Fluoreszenz in blauvioletter Färbung — also bei etwa 420 nm — gut sichtbar ist, erhöht den Anflug von Faltern auf über das Doppelte.

b') Superaktinische Leuchtstoffröhren

A Strahlungsverteilung. 300 — 400 nm: 3 Watt
400 — 500 nm: 2 Watt



B Einfluß der Farbe des Tuches hinter der Lichtquelle
22. 8. 1965. Berlin-Spandau. Pichelswerder.
20^{00} Ende der bürgerlichen Dämmerung. 4 Tage vor Neumond 17,5 °C

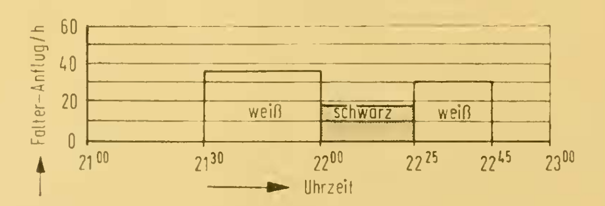
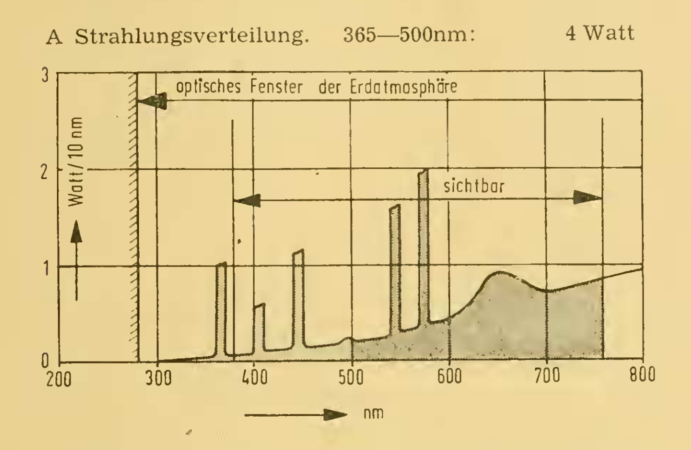


Abb. 3: Superaktinische Leuchtstoffröhren; 2 x Philipps TLD 15 W/05.
Stromaufnahme: 30 Watt.

Die nach Abbildung 3 untersuchten Leuchtstoffröhren nach J ä c k h (1961) strahlten im ultravioletten Bereich von 300 bis 380 nm etwa so stark, wie im sichtbaren Violett und Blau von 380—500 nm. Auch hier bewirkte ein weißes Tuch eine starke Vermehrung des Anfluges, da jetzt die Strahlung im sichtbaren Violett bei etwa 420 nm durch Fluoreszenz merklich vermehrt wurde.

c') Mischlichtlampe

A Strahlungsverteilung. 365—500nm: 4 Watt



B Einfluß der Farbe des Tuches hinter der Lichtquelle
17. 7. 1965. Kals. Ost-Tirol. 1700 m.
20^{40} Ende der bürgerlichen Dämmerung (i. d. Ebene)
4 Tage nach Vollmond (Mond hinter Berg.) 10° C

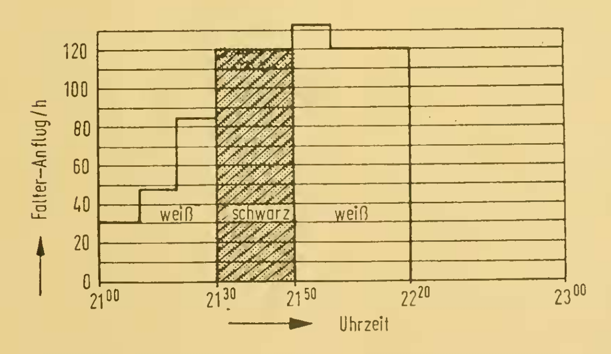


Abb. 4: Mischlichtlampe Osram HWL. Baujahr 1962. 250 Watt.

Ein etwas anderes Ergebnis brachte die Verwendung einer Mischlichtlampe nach Abbildung 4. Diese Lampe besitzt nur relativ wenig ultraviolette Strahlung. Der Anflug nimmt hierbei durch den Übergang von einem schwarzen zu einem weißen Tuch hinter der Lampe kaum noch zu. Die Mischlichtlampe bleibt nämlich gegenüber dem Tuch die intensivste Lichtquelle, und der Nachtfalter fliegt — wie andere Versuche gezeigt haben — stets die für ihn stärkste Lichtquelle an.

d) Entkeimungs-Strahler

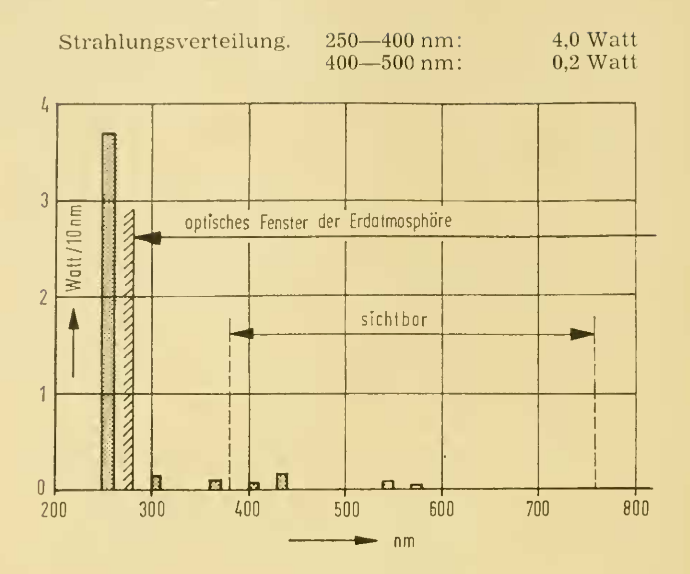


Abb. 5: Entkeimungs-Strahler Osram HNS 12 ofr. 10 Watt

Am auffälligsten verhielten sich die Nachtfalter gegenüber einem sogenannten Entkeimungs-Strahler, der entsprechend Abbildung 5 eine Wellenlänge von 260 nm aussendet. Diese Wellenlänge wird durch das in großer Höhe der Erdatmosphäre befindliche Ozon abgeschirmt. Es ist daher nicht zu verwundern, daß derart „unnatürliche" Strahlen keimtötend sind. Auch sind diese Strahlen für das menschliche Auge schädlich, so daß der Experimentator sich nur mit geeigneten Brillen an diese Beobachtungen wagen darf. — Der Anflug an diese Lampe war, solange ein schwarzes Tuch dahinter aufgespannt war, praktisch gleich Null. Sobald jedoch ein weißes Tuch durch Fluoreszenz die etwa gleiche Leuchtkraft bei etwa 420 nm wie hinter den Leuchtstoffröhren nach Abbildung 3 abgab, entsprach der Anflug in etwa demjenigen an die Leuchtstoffröhren.

b) *Folgerungen aus den Versuchen mit verschiedenen Leuchtlampen*

Bei den vorstehend mitgeteilten Anflug-Zählungen beim Betrieb von Lampen mit verschiedenen dahinter aufgespannten Tüchern konnte gezeigt werden, daß bei Verlängerung der Strahlen sowohl von 360 nm als auch von 260 nm auf etwa 420 nm der Nachtfalter-Anflug erheblich zunimmt.

An die Mischlichtlampe entsprechend Abbildung 4 flogen trotz zusätzlicher Strahlung oberhalb 420 nm praktisch nicht mehr Falter an, als wenn diese Lampe nur in dem Gebiet um 420 nm strahlen würde. Hieraus folgt also auch ein geringerer Einfluß der Strahlen größerer Lichtwellenlängen auf den Anflug der Nachtschmetterlinge.

c) *Die Versuche von D u f a y über die spektrale Empfindlichkeit von Nachtfaltern*

Die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen werden durch eine 1964 erschienene Arbeit von D u f a y bestätigt. D u f a y untersuchte den Anflug der beiden Eulenarten *Noctua pronuba* L. und *Phlogophora meticulosa* L. bei gefiltertem Licht in verschiedenen Farben des Spektrums. D u f a y fand ebenfalls bei im Mittel etwa 420 bis 430 nm Lichtwellenlänge ein Maximum der Empfindlichkeit für diese beiden Falterarten.

d) *Zusammenfassung der Feststellungen über die für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen*

Es sei zusammengefaßt, daß die Nachtfalter — obgleich sie auch noch andere Wellenlängen wahrnehmen können — ihre intensivste Empfindung bei der im Bereich des sichtbaren Violetts liegenden elektromagnetischen Wellenlänge von etwa 420 nm besitzen.

e) *Vergleich der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen mit den Strahlungen des Nachthimmels*

Nunmehr gilt es zu erforschen, ob es Ausstrahlungen am nächtlichen Himmel gibt, die mit der von den Nachtfaltern am meisten beobachteten Wellenlänge von rd. 420 nm erfolgen.

a') Von Mond und Planeten ausgehende Strahlung

Wenn am Nachthimmel der Mond, insbesondere der Vollmond, erscheint, besitzt er eine rund 100 000 mal größere Leuchtkraft als die meisten Fixsterne. Es besteht also kein Grund, das Schmetterlingsauge für dieses dem Sonnenlicht ähnliche Licht von etwa 510 nm Wellenlänge besonders empfindlich zu gestalten.

Die Planeten Venus und Jupiter, die ebenfalls heller als die Fixsterne sind und auch ein sonnenlichtähnliches Licht ausstrahlen, sind nicht zu jeder Zeit am Himmel sichtbar. Ihre Wahrnehmung kann daher für den Nachtfalter nur eine zweitrangige Bedeutung besitzen.

b') Von den Fixsternen ausgehende Strahlen

In der mondlosen Nacht, die über 50% des Nachtfalterlebens ausmacht, stehen dagegen zahlreiche Fixsterne am Himmel. Es erscheint daher angebracht, sich mit den Leuchteigenschaften der Fixsterne besonders zu beschäftigen.

Die Fixsterne werden in verschiedene Spektralklassen eingeteilt. Zu diesen Spektralklassen gehören nun bestimmte Bereiche der Wellenlängen intensivster Strahlung.

Auf Abbildung 6 sind nun sämtliche Fixsterne bis herab zur Helligkeitsklasse 7 in Abhängigkeit von der Strahlenlänge ihrer intensivsten Strahlung so aufgetragen, daß die sich ergebenden Rechtecke den prozentualen Anteil an allen Sternen bis zur Helligkeitsklasse 7 flächenmäßig entsprechen.

Es gibt etwa 10 000 Fixsterne bis herab zur Helligkeitsklasse 7, wobei nur etwa 3 000 Fixsterne bis herab zur Helligkeitsklasse 6 für das menschliche Auge als gut sichtbar zu bezeichnen sind. Die sehr heißen Sterne der Spektralklasse B und z. T. auch der Spektralklasse A senden ihre intensivste Strahlung bei so kurzen Wellenlängen aus, daß diese durch

das optische Fenster der Erdatmosphäre nicht hindurch gelangen. Diese Sterne sind daher der Sternmenge bei der Gruppe A oberhalb 280—380 nm als Mengen B' und A' hinzugezählt, denn sie strahlen auch in diesem Wellenbereich noch intensiv. Es zeigt sich nun, daß der mittlere Schwerpunktsbereich der gesamten Fixsternstrahlung bei etwa 420 nm Wellenlänge liegt.

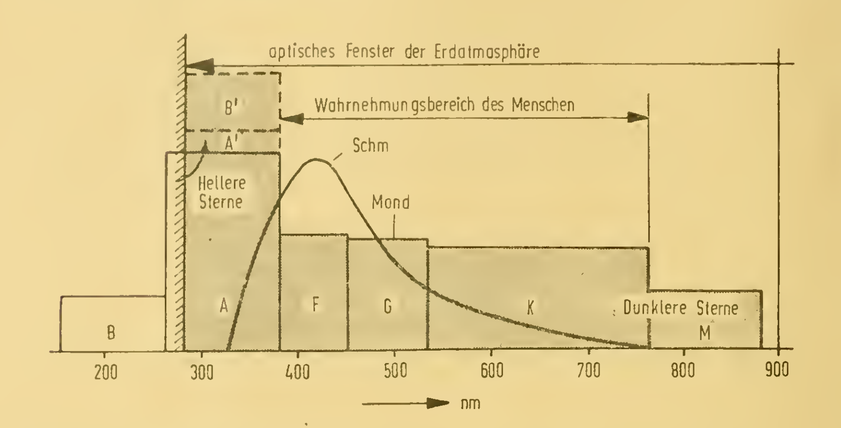


Abb. 6: Zahlenmäßige Verteilung der 10 000 Fixsterne bis Helligkeitsklasse 7 [1]) auf die ihren Temperaturen entsprechenden Wellenlängen größter Strahlung. B, A, F, G, K, M: Spektralklassen der Sterne, Schm: Empfindlichkeit des Schmetterlingsauges (Cleve 1954 und 1964).

Dies ist der Wert, bei dem sich vorstehend aus der Beobachtung des Anfluges an Kunstlichtlampen die intensivste Beachtung durch die ans Licht fliegenden Nachtfalter ergeben hatte. Wir können also folgern, daß die Wellenlänge, die die Nachtschmetterlinge bevorzugt anfliegen, durch die Strahlung der Fixsterne erklärbar ist.

c') Spektraler Empfindlichkeitsbereich der Nachtschmetterlinge

Die Nachtschmetterlinge werden — wie auch der Mensch — neben der Strahlung bei der Wellenlänge höchster Empfindlichkeit auch noch nach beiden Seiten anschließende Wellenlängen als Licht wahrnehmen können. In Übereinstimmung mit früheren Feststellungen (Cleve 1954 u. 1964) kann der in Abbildung 6 mit „Schm“ bezeichnete Kurvenzug, der sich von etwa 320 bis etwa 760 nm erstreckt, in etwa für die Verteilung der Lichtempfindlichkeit der Schmetterlinge angenommen werden. Im Gegensatz zum Menschen, dessen optisches Wahrnehmungsvermögen nicht unter 380 nm herunter reicht, wird der Nachtschmetterling also auch noch in einem Teil des unserer Wahrnehmung verschlossenen ultravioletten Gebietes „Licht“ wahrnehmen können.

[1]) Mit bloßem Auge sind 3000 Sterne bis Helligkeitsklasse 6 wahrnehmbar.

f) *Wahrnehmung von Wärmestrahlen durch Nachtschmetterlinge*

Es ist noch zu erwähnen, daß von Callahan (1965) nachgewiesen worden ist: Nachtfalter können Wärmestrahlen von 9 000 bis 11 000 nm sowohl aussenden als auch wahrnehmen. Diese Wärmestrahlen sendet ein Körper von etwa 30 bis 35° C aus. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß dies zur Nahfindung der Geschlechter einen zusätzlichen Impuls bedeutet. Wäre die Strahlung eines Körpers von ca. 35° C allein ausschlaggebend, so müßten sich neben einer Leuchtlampe die Falter nicht so sehr am Leuchttuch als an dem Gesicht und an den Händen eines dabei stehenden Beobachters ansammeln. Letzteres ist aber keineswegs der Fall. Da auch der Mensch Wärmestrahlen mit der Haut wahrnehmen kann, wird auch der Schmetterling derartige Strahlen durchaus nicht nur mit den Facettenaugen und Ocellen wahrnehmen. Callahan vermutet z. B. ein diesbezügliches Empfindungsvermögen in den Fühlern.

2. *Die Intensität der für Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren spektralen Wellen*

Wenn auf Grund der vorstehend mitgeteilten Anflugversuche eine Übereinstimmung des Sternenlichtes mit dem Lichtwahrnehmungsvermögen der Schmetterlinge der Qualität, d. h. der Lichtwellenlänge nach vorliegen dürfte, so interessiert jetzt weiter, ob auch die Quantität des Lichtes eines einzelnen Sternes im Vergleich mit den von Nachtschmetterlingen wahrnehmbaren Werten gebracht werden kann.

a) *Der Unterschied zwischen dem menschlichen Sehvermögen und dem vermutlichen Sehvermögen der Nachtschmetterlinge*

Um die Intensität des für die Nachtschmetterlinge wahrnehmbaren Lichtes feststellen zu können, ist es zunächst erforderlich, auf die Unterschiede in dem Sehvermögen des Menschen und des Nachtschmetterlings näher einzugehen.

a') Die Wellenlängen höchster Lichtempfindlichkeit

Hier ist zunächst festzustellen, daß für den Menschen die Wellenlänge höchster Lichtempfindlichkeit am Tage bei 555 nm liegt und damit in etwa der Wellenlänge der intensivsten Sonnenstrahlung entspricht. Wir sehen dabei am Tage mit den Zäpfchen der Netzhaut, die uns auch die Farbeindrücke vermitteln.
Sinkt jetzt die Leuchtdichte ab, so sehen wir zunächst neben den Zäpfchen auch mit den Stäbchen der Netzhaut, um bei noch geringerer Leuchtdichte nur noch mit den Stäbchen zu sehen. Die Stäbchen vermitteln uns keine Farbeindrücke mehr, so daß man sagt: „Bei Nacht sind alle Katzen grau".
Sehr zu beachten ist es nun, daß die Wellenlänge der höchsten Lichtempfindlichkeit beim nächtlichen Sehen mit den Stäbchen auf etwa 510 nm absinkt; d. h. also, auch der Mensch paßt sich den von den nächtlichen Gestirnen — insbesondere dem Mond — ausgesandten Lichtstrahlen an.
Für den Nachtschmetterling haben wir vorstehend eine höchste Lichtempfindlichkeit bei der Wellenlänge von etwa 420 nm gefunden. Ob der Nachtfalter Farben in unserem Sinne oder nur Helligkeitsunterschiede wahrnimmt, ist dabei zunächst nicht näher bekannt und auch nicht ausschlaggebend.

b') Die Grenzen des Sehvermögens

Als geeignetes Maß für die Leuchtwirkung einer Lichtquelle ist die Leuchtdichte in Stilb anzusehen. Ein Stilb ist: „Die Lichtstärke des leuchtenden Körpers senkrecht zu seiner Oberfläche in Candela je cm^2", wobei 1 Candela in etwa 1 Neuen Kerze entspricht.
Für den Menschen liegt die höchste Leuchtdichte, die wir ohne Blendwirkung wahrnehmen können, bei etwa 3 Stilb. Dies entspricht etwa der Helligkeit der uns umgebenden Natur bei vollem Sonnenschein. Die Leuchtdichte des Sonnenkörpers mit rd. 10 000 Stilb führt bekanntlich zu schwersten Augenschäden.
Die geringste vom Menschen beim Stäbchen-Sehen noch wahrnehmbare Leuchtdichte ist diejenige einer Fläche mit etwa 10^{-9} Stilb. Derart geringe Leuchtdichten sind nur nach etwa ½stündiger Gewöhnung des Auges an die Dunkelheit erkennbar. Auch liegt für den Menschen die geringste noch wahrnehmbare Leuchtdichte für einen punktförmigen Körper wesentlich höher.
Die für den Nachtschmetterling erträgliche höchste Leuchtdichte ist nicht genau bekannt und hat auch für die vorliegende Untersuchung kein besonderes Interesse. Wahrscheinlich reagieren sowohl im Sonnenschein als auch in der Nacht fliegende Arten hier anders als solche, die sich ausschließlich in der Nacht bewegen. Immerhin deutet der Anflug auch an hellste künstliche Lichtquellen darauf hin, daß die Nachtfalter auch verhältnismäßig helles Licht nicht ohne weiteres als Störung empfinden.
An die nächtliche Dunkelheit scheint sich das Nachtfalterauge analog unserem Lichtempfinden auch erst allmählich anzupassen.
Bis zu welchen geringsten Werten der Nachtfalter noch Leuchtdichten wahrnehmen kann, zeigen die bereits erwähnten Messungen von Dufay (1964). Dufay verwendete eine Apparatur, die aus einem Kasten bestand, in den nur durch ein kleines Fenster ein in seiner Färbung und Intensität unterschiedliches Licht einfiel. Er maß die unterste Schwelle der Lichtstärke, bei der die Falter der beiden Eulenarten *Noctua pronuba* L. und *Phlogophora meticulosa* L. gerade noch auf Licht verschiedener Wellenlängen reagierten.
Aus den von Dufay mitgeteilten Werten der Intensität der durch das Fenster seiner Apparatur eindringenden Lichtstrahlen kann man näherungsweise die durch das Fenster hindurchtretenden Leuchtdichten ermitteln. Es handelt sich dabei für den auf dem Boden eines Versuchskastens sitzenden Falter um einen Lichtfleck, der sich etwa über 6 Winkelgrade seines Beobachtungsbereiches erstreckte.
Aus der Umrechnung der von Dufay angegebenen geringsten Lichtstärken ergeben sich auf das menschliche Lichtempfinden bezogen für weißes Licht 10^{-7} Stilb und für violettes Licht mit 450 nm Wellenlänge knapp 10^{-8}Stilb, für die die Nachtfalter gerade noch zu Bewegungsreaktionen veranlassende Leuchtstärke
Nach Dufay's Messungen und den eingangs (Abb. 2—4) gezeigten Anflugsmessungen besitzt das violette Licht gegen-

über dem weißen Licht für den Nachtfalter eine stärkere Leuchtkraft.

Auf das Empfinden des Nachtfalters bezogen, folgt also aus den Messungen Dufay's eine zwischen 10^{-8} und 10^{-7} Stilb liegende unterste Empfindungsgrenze für den Nachtfalter. Es wird nun nachfolgend zu untersuchen sein, ob diese unterste Empfindungsgrenze tiefer als die von den Himmelskörpern ausgehende Leuchtwirkung liegt.

c') Der kleinste Sehwinkel

Für das Auge des Menschen ist das punktförmige Auflösungsvermögen recht groß. Wir können noch Einzelpunkte in der Größenordnung von 1 Winkelminute wahrnehmen. Welch feines Wahrnehmungsvermögen daraus folgt, wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die Kugeloberfläche aus über 100 Millionen Quadratminuten besteht.

Punktförmige Lichtquellen, die noch kleiner als eine Quadratminute sind, werden vom Menschen auf eine Quadratminute vergrößert gesehen. In dem Maße der scheinbaren Vergrößerung sinkt dann die Stilbzahl je Flächeneinheit ab. So kommt es, daß wir Sterne von 20 000°, die also wesentlich heller als die Sonne sind, aber — wie alle Fixsterne — weniger als eine Winkelminute Durchmesser am Himmel ausfüllen, ohne jede Blendung betrachten könen.

Ferner wird der scheinbare Sterndurchmesser auch durch das „Funkeln“ der Sterne, das ist eine zeitlich wechselnde Lichtbrechung in der Erdatmosphäre, erhöht. Dies blieb hier unberücksichtigt, zumal dadurch die Wahrnehmungsmöglichkeit der Sterne für die Nachtfalter nur noch wahrscheinlicher werden kann.

Das punktförmige Auflösungsvermögen der Augen der Nachtschmetterlinge dürfte längst nicht so fein wie dasjenige des Menschen ausgebildet sein. Nach Yagi und Koyama (1963), besitzt das Facettenauge des Windenschwärmers (*Herse convolvuli* L.) 1040 Facetten/mm^2. Das gibt annähernd 20 000 Facetten für das in etwa halbkugelförmige Auge dieses Nachtfalters. Der anatomische Divergenzwinkel (interommatidiale Neigungswinkel) von *Herse convolvuli* ergibt sich damit zu 1 Grad. Man kann aus dieser sowie weiteren Angaben der vorgenannten Autoren über die Facettenzahl die Vermutung aussprechen, daß die Nachtschmetterlinge jede Lichtquelle und also auch jeden Stern etwa mit der Fläche von nicht viel weniger als einem Quadratwinkelgrad wahrnehmen.

Da nun selbst der Vollmond noch weniger als ein Grad Durchmesser am Himmel besitzt, dürften im Gesichtsfeld der Nachtfalter alle Gestirne mit etwa der gleichen Größe als Monde verschiedener Helligkeit erscheinen.

Dadurch, daß der Nachtfalter keine so kleinen Punkte wie der Mensch wahrnehmen kann, dürfte auch die Leuchtdichte geringster Wahrnehmbarkeit für Flächen (z. B. Wolken) und Punkte (z. B. Sterne) für den Schmetterling keine nennenswerten Unterschiede aufweisen.

b) *Die Sichtbarkeit verschiedener Lichtquellen für Mensch und Nachtschmetterling*

a') Kunstlicht

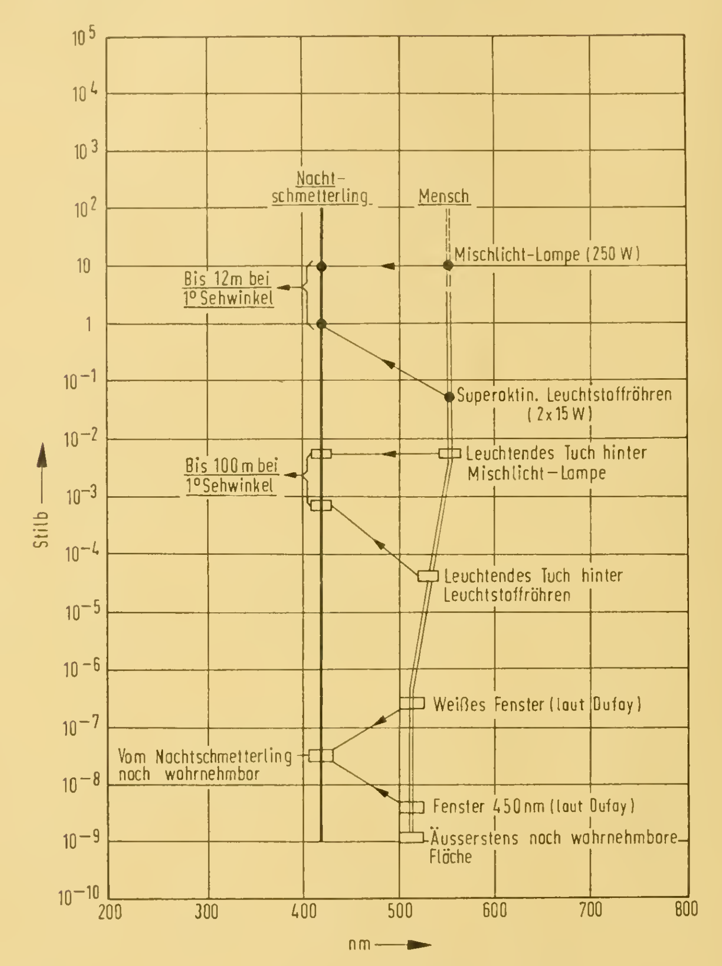


Abb. 7: Leuchtdichten des Kunstlichtes.

Auf Abbildung 7 sind zunächst die Linien höchster Lichtempfindlichkeit für Mensch (zwischen 555 und 510 nm) und Schmetterling (420 nm) eingezeichnet. Sodann sind die Leuchtwirkungen der superaktinischen Leuchtstoffröhren (vgl. Abb. 3) und der Mischlichtlampe (vgl. Abb. 4) einschließlich der dahinter befindlichen fluoreszierenden Leuchttücher zunächst bezüglich ihrer Leuchtkraft für das menschliche Auge bei den zugehörigen Stilbzahlen eingetragen.

Die auf das menschliche Auge bezogenen Stilbzahlen sind nun nach entsprechenden Überlegungen in die vermutlichen Leuchtdichten für das Empfinden des Schmetterlings umzuformen.

Die Leuchtdichte der Mischlichtlampe beträgt etwa 10 Stilb und liegt damit bereits über der Blendgrenze des menschlichen Auges. Da das Mischlicht sowohl sichtbares Violett als auch langwelliges Licht aussendet, von dem ersteres der Falter stärker und letzteres der Falter schwächer wahrnimmt, wurde für das Falterauge als Näherung der gleiche Stilb-Wert wie für den Menschen angenommen. Allerdings sinkt für das Lichtempfinden des Schmetterlings die Stilbzahl bereits bei mehr als 12 Meter Abstand ab, da der dann unter 1° zurückgehende Lichteinfallswinkel der Lampe kleiner als der geringste Sehwinkel vieler Nachtfalter sein dürfte. Für das menschliche Auge, mit einem kleinsten Sehwinkel von ca. 1 Winkelminute, sinkt die wahrnehmbare Stilb-Zahl der Mischlichtlampe erst im Abstand von einigen hundert Metern merklich ab.
Die superaktinischen Leuchtstoffröhren haben für den Menschen nur eine Leuchtdichte von 10^{-1} Stilb. Für den Nachtfalter dürfte dieser Wert auf ein Vielfaches zu vermehren sein, da die Strahlung bei etwa 420 nm erfolgt.
Das reflektierende weiße Leuchttuch hinter der Mischlichtlampe hat bei einer Fläche von rund 2 m^2 eine wesentlich geringere Stilbzahl als die Mischlichtlampe selbst. Auch hier wurde die Stilbzahl für Mensch und Nachtfalter gleich gesetzt. Infolge der großen Fläche des leuchtenden Tuches würde für einen Falter mit einem kleinsten wahrnehmbaren Raumwinkel von 1° die Leuchtdichte des Tuches erst in einem Abstand von über 100 Metern merklich zurückgehen.
Für das Leuchttuch hinter den superaktinischen Leuchtstoffröhren gelten bezüglich der Ermittlung der Leuchtdichte ähnliche Gesichtspunkte wie für das Leuchttuch hinter der Mischlichtlampe. Es muß auch hier, wie bei den Leuchtstoffröhren selbst, für den Nachtfalter eine vermehrte Leuchtdichte, zu der noch eine erhöhte Fluoreszenz-Wirkung hinzutritt, angenommen werden. In 500 Meter Abstand erscheinen die Leuchtstoffröhren mit dem von ihnen beschienenen Tuch nur noch mit wenig über 10^{-5} Stilb. Diese Leuchtdichte entspricht in der Empfindung des Nachtschmetterlings bereits der Leuchtdichte einer Reihe von Fixsternen. Aber auch dieser Wert liegt noch weit über dem von Dufay mit weniger als 10^{-7} Stilb ermittelten Wert geringsten Empfindungsvermögens der getesteten beiden Eulenarten.

b') Sonnensystem

Zunächst ist entsprechend Abbildung 8 auf Grund der spektralen Wellenlänge, bei der die intensivste Strahlung eines Himmelskörpers erfolgt, die für den Menschen geltende Stilbzahl auf der rechten Leitlinie — wie bereits bei den künstlichen Lichtquellen — in eine scheinbare Stilbzahl für den Nachtfalter auf der linken Leitlinie umzuformen.
Der rötlich erscheinende Planet Mars dürfte für den Nachtfalter eine wesentlich geringere Stilbzahl als für den Menschen haben. Bei den anderen Planeten und dem Mond ist dieser Unterschied nicht so groß, da die von diesen ausgehenden Wellenlängen intensivster Strahlung in etwa zwischen den Werten für die stärkste Wahrnehmung für Mensch und Schmetterling liegen dürften.

Es ist nun jedoch noch eine weitere Umformung der für den Nachtschmetterling gefundenen scheinbaren Stilbwerte erforderlich, da — wie bereits erwähnt — der Mensch etwa eine Quadratwinkelminute, der Nachtfalter aber nur etwa einen Quadratwinkelgrad als kleinsten Punkt wahrnehmen kann. Die Umrechnung nach diesen verschiedenen kleinsten Wahrnehmungswinkeln ist ebenfalls auf Abbildung 8 eingetragen.

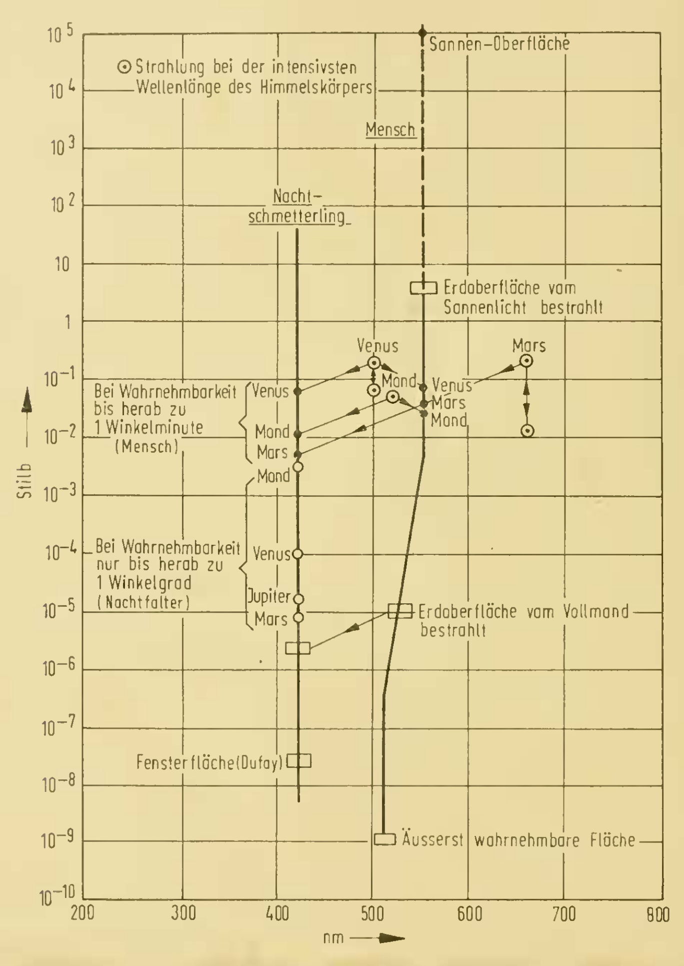


Abb. 8: Leuchtdichten des Sonnensystems.

Man sieht, daß auch die Planeten Venus, Jupiter und Mars im Vergleich zur Fensterfläche von D u f a y (Vgl. Abbildung 7) ein Vielfaches an Leuchtdichte besitzen.
Auch die vom Vollmond beschienene Erdoberfläche wird ebenso wie eine vom Vollmond beschienene Wolke eine Leuchtdichte aufweisen, die ohne weiteres vom Nachtschmetterling wahrgenommen wird.

Auf Abbildung 8 sind die Umrechnungswerte für Venus und Mars bei ihrer größten Helligkeit eingetragen. Sie werden aber auch bei geringerer Helligkeit noch für den Nachtfalter sichtbar sein.
Wegen der Seltenheit und Unregelmäßigkeit des Erscheinens der Planeten dürfte deren Einfluß auf das Verhalten der Nachtschmetterlinge relativ gering sein.

c') Fixsterne

Auch in Abbildung 9 sind die schon von Abbildung 8 bekannten Umrechnungen der Leuchtdichten unter Berücksichtigung der Wellenlänge intensivster Strahlung und des kleinsten noch wahrnehmbaren Raumwinkels vom Empfinden des Menschen zu dem vermutlichen Empfinden der Nachtfalter vorgenommen.

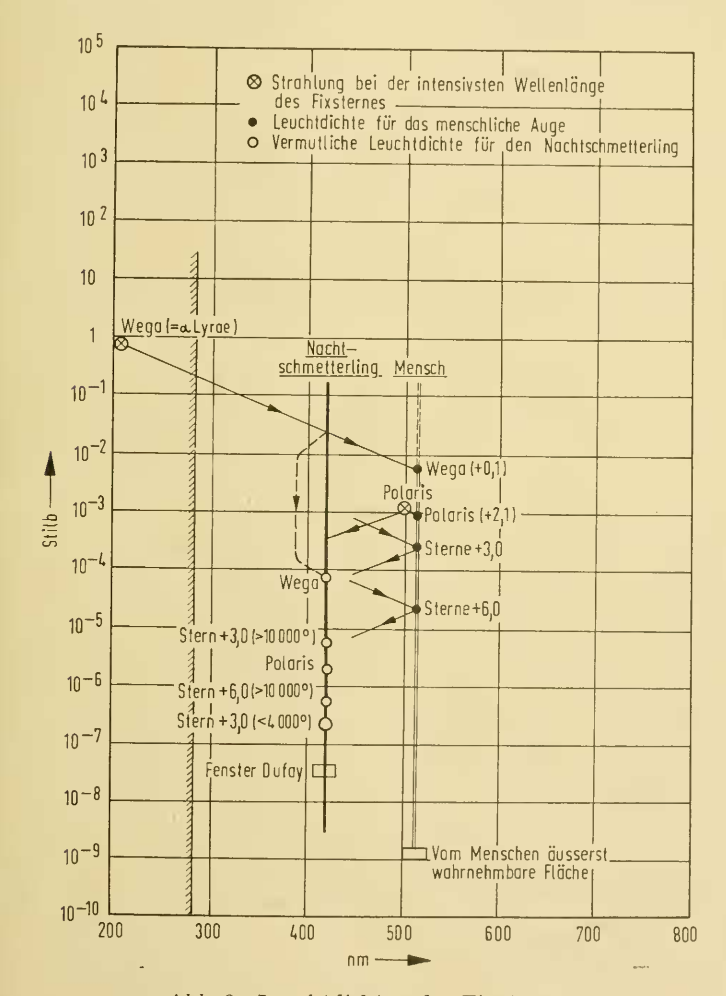


Abb. 9: Leuchtdichten der Fixsterne.

Wir sehen, daß der hellste Stern unseres Nordhimmels, die Wega, mit etwa 10^{-4} Stilb sowie auch der Polarstern mit ca. 10^{-6} Stilb eine noch wesentlich größere Leuchtdichte — auf das Schmetterlingsauge bezogen — haben dürften als das beleuchtete Fenster in der Apparatur von Dufay.

Die Sterne einer auf das Menschenauge bezogenen einheitlichen Leuchtklasse werden je nach ihrer Temperatur und der dazu gehörenden intensivsten Strahlung für den Schmetterling stärker oder schwächer als für den Menschen sichtbar sein. Dies deuten die von der Leitlinie „Mensch" zu der Leitlinie „Nachtschmetterling" nach oben und unten gehenden Pfeil-Linien bei den Sternen der Leuchtklasse + 3,0 und + 6,0 an. Der Schmetterling wird daher einige kalte Sterne der Leuchtklasse + 3,0 kaum noch sehen, dafür aber sehr heiße Sterne bis zu den für den Menschen nur noch schwach sichtbaren Leuchtklassen + 6,0 und +7,0 u. U. noch gut wahrnehmen können. So kann angenommen werden, daß der Nachtschmetterling etwa annähernd so viele Fixsterne sehen kann wie der Mensch.

Die sich aus den Neigungen der mit Pfeilen versehenen Linien von der maximalen Wellenlänge eines Sternes in Richtung auf andere Wellenlängen ergebenden Unterschiede in den Leuchtdichten der Sterne stellen keine Absolutwerte dar. Es soll hiermit lediglich die Tendenz der wahrscheinlichen Abweichungen gezeigt werden. Dies entspricht in etwa der sogenannten „bolometrischen Korrektion" der Sternkunde.

Der Mensch dürfte das punktförmige Fixsternlicht nur mit den Stäbchen, d. h. mit maximaler Empfindlichkeit bei 510 nm, wahrnehmen.

III. Die Wahrscheinlichkeit der Wahrnehmung von Sternen durch Nachtschmetterlinge

Die Wahrnehmung von Sternen durch die Nachtschmetterlinge ist aus folgenden Gründen wahrscheinlich:

1. Die Schmetterlinge sprechen qualitativ auf diejenige spektrale Wellenlänge, die von den Fixsternen im Mittel am häufigsten ausgesandt wird, am stärksten an.

2. a) Die Leuchtdichten, die von einer großen Zahl von Fixsternen auf das Schmetterlingsauge quantitativ wirksam werden, liegen bei sehr vielen dieser Sterne oberhalb des Bereiches, den Dufay (1964) für das Reaktionsvermögen auf einen Lichtreiz (= positive Fototaxis) in der von ihm verwendeten Versuchsapparatur ermittelt hat.

   b) Auf das Schmetterlingsauge bezogen entspricht ferner die für die Lichtquantität maßgebende Leuchtdichte einer normalen Glühlampe von 100 Watt im Abstand von 100 Metern mit ca. 10^{-5} Stilb etwa der Leuchtdichte heißer Fixsterne bis herab zur Helligkeitsklasse +3.

IV. Das Flugverhalten der Nachtschmetterlinge

1. *Suchflug*

   Der eine Lichtquelle — d. h. einen Stern, eine helle Wolke oder eine Lampe — anfliegende Nachtschmetterling dürfte sich auf dem Suchflug befinden. Der Anflug an die Lichtquelle bezweckt dabei die Vermeidung der Kollision mit einem Fremdkörper; denn solange die Lichtquelle sichtbar ist, kann kein Fremdkörper im Wege der Flugrichtung vorhanden sein.

2. *Zielflug*

   Sobald durch den Geruchssinn oder andere Empfindungen eine Nahrungsquelle, ein weiblicher Falter oder eine Stelle zur Eiablage gefunden ist, werden sich das Flugverhalten und die für die Orientierung maßgebenden Einflußgrößen bei dem nunmehr einsetzenden Zielflug grundsätzlich ändern. Ein direktes Anfliegen einer Lichtquelle ist dann nicht mehr anzunehmen. — Dem Zielflug dürfte auch dieWahrnehmung von Wärmestrahlen nach den Beobachtungen von Callahan (1965) dienen.

3. *Wanderflug*

   Ob der Wanderflug über weite Strecken mit der Wahrnehmung des Sternenlichtes in Zusammenhang gebracht werden kann, ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen. Feststellungen hierzu müssen ausdrücklich anderen Forschungen vorbehalten bleiben.

   Das jeweilige Flugverhalten eines Nachtschmetterlings wird sich nach den biologischen Gegebenheiten richten. Ein hungriger Falter wird sich anders wie ein das Weibchen suchender männlicher Falter oder wie ein weiblicher Falter bei der Eiablage verhalten.
   Auch unterliegt der Wanderflug wieder anderen Gesetzen als der Such- oder Zielflug. Nach neuesten Anschauungen (Roer 1965) soll die Neigung zum Wanderflug sogar einzelnen Individuen derselben Schmetterlingsart mehr oder minder erblich angeboren sein.

V. Das Sternbild des Großen Bären in der Sicht des Menschen und des Nachtschmetterlings

Um abschließend einen sinnfälligen Begriff von dem unterschiedlichen Sehvermögen des Menschen und der Nachtschmetterlinge zu geben, zeigt Abbildung 10 oben zunächst das jedem bekannte Sternbild des Großen Bären.
Dem menschlichen Auge erscheinen die Sterne alle recht hell. Sie liegen zwischen den Helligkeitsklassen + 1,6 bis herab zur Helligkeitsklasse + 3,7. Der hellste Stern ist der Stern ε (Alioth), der dem Bärenkörper nächste Stern des Halses. Am lichtschwächsten ist der Stern δ (Megrez) rechts neben Alioth.
Die nachstehend geschilderte Wahrnehmung der sieben Sterne des Großen Bären durch den Nachtfalter erhebt keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit. Es sollen vielmehr nur die grundsätzlichen Unterschiede gegenüber der Wahrnehmung durch den Menschen im Prinzip dargestellt werden. Es ist sogar anzunehmen, daß Helligkeit und scheinbare Größe der einzelnen Sterne für die verschiedenen Schmetterlingsarten nicht immer gleich sind.

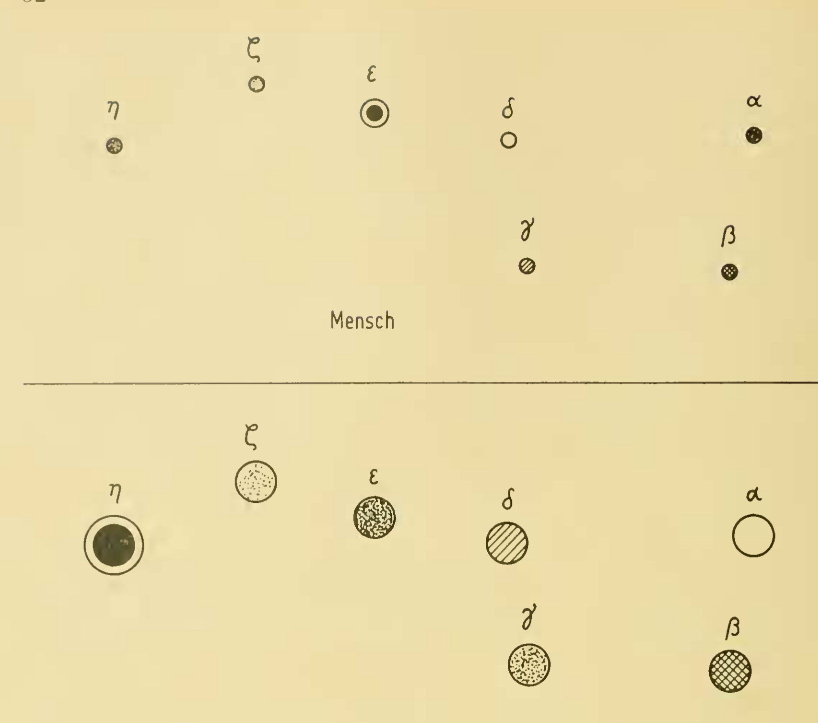


Abb. 10: Das Sternbild des Großen Bären wie es vom Menschen und wie es vom Nachtschmetterling in etwa wahrgenommen wird.

Der Nachtschmetterling dürfte das Sternbild des Großen Bären etwa in folgender Weise wahrnehmen:
Zunächst sind alle Sterne scheinbar etwa so groß wie der Mond. Am hellsten für den Nachtschmetterling ist der Stern η (Benetnasch), der für unser Auge erst der dritthellste Stern ist. Da er aber eine Oberflächentemperatur von etwa 18 000° besitzt, hat er eine für den Schmetterling verstärkte Sichtbarkeit im Bereich kurzer Wellenlängen. Umgekehrt ist der für uns zweithellste Stern α (Dubbhe) für den Nachtfalter vermutlich am schwächsten sichtbar, da er nur 4 600° aufweist und kälter als die mit etwa 6000° strahlende Sonne ist.
Sollten Nachtfalter daher überhaupt Sternbilder wahrnehmen, so dürften diese von den uns bekannten Sternbildern z. T. erheblich abweichen.
Für den Fall, daß man die Wahrnehmung von Sternbildern durch Nachtschmetterlinge in einem Planetarium untersuchen wollte, sollten daher die Sternfarben nicht unberücksichtigt bleiben.

C Literatur

Bayramoglu-Ergene, S.: Ztschr. vergl. Physiol., ca. 1965.
Callahan, P. S.: Far infra-red emission and detection by nightflying moths. — Nature, 206 (1965): 1172—1173.

Cleve, K.: Einfluß der Wellenlänge des Lichtes auf den Lichtfang der Schmetterlinge. — Dtsch. Entomologentag Hamburg (1954): 107—113.

Cleve, K.: Der Anflug der Schmetterlinge an künstliche Lichtquellen. — Mitt. dtsch. ent. Ges., 23 (1964): 66—76.

Dufay, C.: Contribution a l'étude du phototropisme des lépidoptères noctuides. — Ann. Sci. nat., Zool., Biol. anim., Paris, 12. ser., 6 (1964): 281—406.

Dunning, D. C. und Roeder, K. D.: Moth sounds and the insect-catching behaviour of bats. — Science, 147 (1965): 173—174.

Forster, W. und Wohlfahrt, Th.: Die Schmetterlinge Mitteleuropas. Bd. I. — Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1954) (pp. 67—69).

Frisch, K. v.: „Sprache" und Orientierung der Bienen. — Bern (1960).

Jäckh, E.: Moderner Lichtfang. — Ent. Ztschr., 71 (1961): 93—97.

Lilly, J. C.: Man and Delphin. — London (1962). (Vgl. auch: V. B. Dröscher: „Klug wie die Schlangen . . .", G. Stalling Verlag, Oldenburg, Hamburg, 2. Aufl. (1965) (pp. 22—28).

Sauer, F.: Zugvögel als Navigatoren. — Naturwiss. Rundschau, 13 (1960): 88—95.

Roer, H.: Kleiner Fuchs, Tagpfauenauge, Admiral. — Neue Brehm-Bücherei, Heft 348. Ziemsen-Verlag, Wittenberg (1965).

Yagi, N. und Koyama, N.: The compound eye of Lepidoptera. — Shinkyo-Press and Co., Ltd., Tokyo (1963).

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Karl Cleve, 1 Berlin 15, (Wilmersdorf), Fasanenstraße 39.

Lichtfang im Wellheimer Trockental (Lep.)

Ein Beitrag zur Lepidopterenfauna des Fränkischen Jura

Von **Günter Baisch**

Bedingt durch eine Einberufung in die Bundeswehr wurde ich von Leipheim für ein Jahr in die Donaustadt Neuburg beordert. Entomologisch gesehen habe ich durch diesen Aufenthalt gewiß nichts versäumt. Die ausgedehnten Donauniederungen mit ihren reichlichen Moor- und Waldbeständen einerseits und die südlichen Ausläufer des Fränkischen Jura andererseits hätten hier jedem Entomologen das Herz höher schlagen lassen.

So ging es mir, als ich das erstemal das Altmühltal bei Eichstätt erreichte, die Altmühl 20 km stromaufwärts fuhr und bei Dollnstein links in das Wellheimer Trockental einbog. Nach ungefähr einer halben Autostunde kommt man über Konstein, Wellheim, Hütting, Ellenbrunn, Mauern nach Rennertshofen, wo das Tal seinen Ursprung nimmt. Durch dieses Tal hatte die Donau bis zur ausgehenden Eiszeit ihren Lauf genommen, um sich bei Dollnstein mit der Altmühl zu vereinigen. Die bizarren Kalkfelsen längs des Tales sind heute Zeugen der stetig nagenden Gewalt des Urstromes und die Landschaft paßt ganz in das Württembergische Donautal zwischen Beuron und Sigmaringen.

Meine Lichtfangstelle lag meist an der Burgruine von Hütting; Hütting ist ein kleines Dorf, das schon zum Regierungsbezirk Schwaben gehört. Es ist von Neuburg mit 12 km Entfernung der nächst er-